



III-361 - INFLUÊNCIA DO MEIO SUPORTE NA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA USANDO FILTROS BIOLÓGICOS ANAERÓBIOS

Aldrim Vargas de Quadros⁽¹⁾

Biólogo pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Mestre em Engenharia Civil na área de Gerenciamento de Resíduos.

Marcelo Oliveira Caetano

Engenheiro Civil e Segurança pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Mestre em Engenharia Civil na área de Gerenciamento de Resíduos.

Luciana Paulo Gomes

Professora Doutora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Coordenadora do SGA Unisinos, Profa. PPG em Eng. Civil da Unisinos e Vice-Presidente do Comitesinos.

Endereço⁽¹⁾: Av. Unisinos, 950. São Leopoldo - RS - Brasil. CEP: 93022-000 - Tel: (51) 35908464 - e-mail: aldrimvq@ibest.com.br e lugomes@unisinos.br

RESUMO

Atualmente o tratamento do lixiviado representa um grande desafio para os municípios do país. Tendo em vista os problemas relacionados às características biológicas, físico-químicas e variação da composição de lixiviados de aterros sanitários, levando-se em conta as dificuldades no seu tratamento por processos biológicos e físico-químicos convencionais, é necessária a busca de alternativas de tratamento eficientes dentro de um padrão de sustentabilidade técnica e econômica. A grande amplitude de questões a serem respondidas sobre biofilme conduz ao desenvolvimento de pesquisas em diversas áreas, buscando-se uma melhor compreensão da potencialidade de adesão dos microrganismos sobre determinados suportes, da composição, e da sequência do processo de formação da biomassa, passos estes fundamentais para a otimização do emprego de filtros anaeróbios. Assim, a pesquisa visa avaliar a influência dos meios suporte utilizados em filtros anaeróbios no desempenho de remoção da matéria orgânica do lixiviado do aterro sanitário de São Leopoldo no Rio Grande do Sul. Foram operados quatro filtros anaeróbios compostos por dois meios suporte diferentes: rachão e blocos de concreto. Para caracterizar os meios suportes utilizados determinaram-se dimensões, massa, porosidade e índice de vazios além do monitoramento de crescimento do biofilme. Para esse monitoramento realizou-se o acompanhamento da DQO, massa, contagem de anaeróbios e proteínas. Para avaliar o aumento ou redução do biofilme, calculou-se a produção específica de biofilme. Os estudos realizados nessa pesquisa apresentaram maior formação de biofilme tanto nas determinações diretas de massa, quanto nas análises de proteínas e contagem microbiana nos filtros com blocos de concreto como meio suporte. Por outro lado, o uso desse meio suporte não correspondeu a uma maior remoção de matéria orgânica. A eficiência de remoção de matéria orgânica nos filtros anaeróbios operados em escala piloto e que empregaram meio suporte de rachão e blocos foram de 62% e 56%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Filtros biológicos anaeróbios, Meio suporte, Biofilme e Lixiviado.

INTRODUÇÃO

O lixiviado produzido em aterros sanitários apresenta elevado potencial poluidor com características muito variáveis. O tratamento biológico tem se mostrado pouco eficiente para efluentes líquidos de aterros já que esses apresentam elevadas concentrações de substâncias tóxicas. Assim, a escolha da tecnologia para tratamento do lixiviado requer uma criteriosa avaliação de parâmetros técnicos e econômicos. Os processos mais empregados para o tratamento de lixiviados de aterros sanitários são os processos biológicos. Todavia, geralmente ocorrem dificuldades ao utilizar tratamentos biológicos para lixiviados devido à vazão e carga orgânica muito variáveis e baixa eficiência de tratamento para lixiviados antigos ou pouco biodegradáveis. Sendo assim, tendo em vista os problemas relacionados às características biológicas, físico-químicas e variação da composição de lixiviados de aterros sanitários, levando-se em conta as dificuldades no seu tratamento por processos biológicos e físico-químicos convencionais, é necessária a busca de alternativas de tratamento eficientes dentro de um padrão de sustentabilidade técnica e econômica. Os filtros anaeróbios constituem-se em unidades de tratamento em que as reações bioquímicas de estabilização da matéria orgânica contida no lixiviado ocorrem quando da passagem desta através de um leito de material suporte onde crescem

filmes bacterianos anaeróbios aderidos às suas superfícies, além de biomassa bacteriana anaeróbia dispersa retida nos interstícios desse material. Pretende-se, nesse trabalho, avaliar a influência do biofilme no desempenho de remoção da matéria orgânica carbonácea no lixiviado do aterro sanitário de São Leopoldo, no Rio Grande do Sul, utilizando quatro filtros anaeróbios compostos por dois meios de suporte diferentes (rachão e blocos de concreto).

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi dividido na caracterização dos filtros biológicos anaeróbios, dos meios suportes e monitoramento da formação do biofilme.

CARACTERIZAÇÃO DOS FILTROS BIOLÓGICOS ANAERÓBIOS

A figura 1 apresenta o sistema experimental o qual foi composto por quatro filtros anaeróbios com volume de 500L, recheados com brita nº 5 (filtros R1 e R2) e com blocos de concreto (filtros B1 e B2) como materiais suporte.

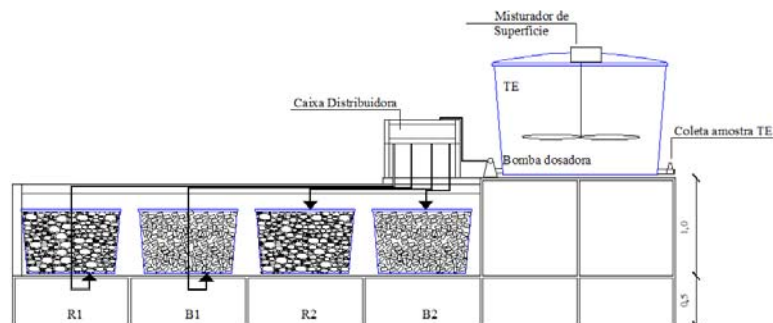


Figura 1: Esquema do sistema de tratamento utilizado na pesquisa.

A operação das unidades experimentais ocorreu de forma contínua, auxiliada por uma bomba dosadora com vazão de entrada de lixiviado para cada filtro de 20L/dia. O tempo de detenção hidráulica (TDH), em cada filtro, foi de 10 dias.

O lixiviado utilizado na pesquisa foi coletado e encaminhado para as unidades de tratamento no Aterro Sanitário de São Leopoldo – RS. As características médias trimestrais monitoradas pela empresa que opera o aterro e a estação de tratamento de lixiviados são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1: Características do lixiviado na entrada da ETLix em 2008.

Parâmetros	Dez/07	Mar/08	Jun/08	Set/08	Dez/08
pH	7,8	8,5	7,7	8,0	7,9
DBO (mg/L)	1.200	2.500	2.400	1.600	1.700
DQO (mg/L)	3.200	7.100	6.900	4.600	4.800
Fósforo Total (mg/L)	38	18	11	14	11
Nitrogênio Total (mg/L)	370	600	850	1.200	820
SST (mg/L)	110	280	330	400	260
SSed. (mL/L)	1,0	0,5	3,0	3,0	0,5
Col. Totais (NMP/100mL)	1,1E+05	2,0E+05	1,3E+06	1,4E+06	2,6E+05
Col. Termotolerantes (NMP/100mL)	8,0E+04	1,0E+05	6,8E+05	6,8E+05	8,0E+04
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,0	0,5	--	1,0	0,5

Fonte: SL Ambiental, (2008).



CARACTERIZAÇÃO DOS MEIOS SUPORTES

Para caracterizar os meios suportes utilizados determinaram-se dimensões, massa, porosidade (conforme Kazmierczak et al., 2007). O objetivo de realizar o ensaio de porosidade neste trabalho é avaliar qual meio suporte apresenta um maior tamanho de poros, contribuindo para formação do biofilme. Para Camargo (2000), a forma, o tamanho e o volume de poros que um material apresenta pode tornar esse material útil para uma determinada aplicação, no caso desse trabalho, como meio suporte nos filtros anaeróbios. Para a confirmação do volume de lixiviado dentro dos filtros, determinou-se o índice de vazios, conforme norma NBR 9778 (ABNT, 2005).

FORMAÇÃO DO BIOFILME

Para o monitoramento do crescimento do biofilme realizou-se ensaios específicos (Ensaio de Biofilme 1 e Ensaio de Biofilme 2). Para esse estudo foi empregado dois reservatórios de 500 litros de fibra de vidro onde os dois tipos de materiais suportes (bloco de concreto e brita 5) foram imersos no lixiviado. Amostras de cada um dos tipos de meio suporte (em duplicata) foram coletadas nos reservatórios a cada 30 dias. Os parâmetros avaliados foram proteínas, massa, contagem microbiana e DQO. Os métodos usados foram Método de Lowry (LOWRY et al., 1951), Gravimetria (APHA, 1995), Contagem em fotografias – Acompanhamento microscópico (Gomes et al., 2002). Para avaliar o aumento ou redução do biofilme empregando-se as determinações anteriores (DQO e Proteínas) foi calculada a produção específica de biofilme (LERTPOCASOMBUT in MARTINS, 2003) (equação 1):

$$Y = \frac{X_e}{S_{consumido}} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

Y = produção específica de biofilme

X_e = teor de proteínas suspensa no líquido (mg/L)

$S_{consumido}$ = concentração de substrato consumido em termos de DQO (mg/L), ou seja, $DQO_{final} - DQO_{inicial}$

MONITORAMENTO DO PROCESSO DE TRATAMENTO

Para os filtros biológicos anaeróbios, realizou-se o acompanhamento semanal da DQO, segundo APHA (1995).

RESULTADOS

Os resultados correspondem às etapas de pesquisa estabelecida na metodologia contemplando: caracterização dos filtros, meios suportes e formação do biofilme onde essa etapa está dividida em parâmetros físico-químicos e produção específica de biofilme.

CARACTERIZAÇÃO DOS MEIOS SUPORTES

As medições realizadas indicam que dimensões médias dos blocos de concreto são (0,23x0,11x0,07) metros, respectivamente, comprimento, largura e altura.

Uma vez que o rachão é um agregado irregular quanto ao seu formato, decidiu-se apenas medir duas dimensões, obtendo-se 0,22 e 0,23 metros. Como esperado as determinações dos blocos foram bem mais similares entre si, com desvios padrões entre 0,48 e 0,75 metros correspondendo a 2% a 6,8% em relação a média. Para os rachões este desvio padrão ficou na faixa de 12,1%.

A massa média determinada para os blocos de concreto foi $4,270 \pm 0,093$ g, enquanto que para o rachão o valor obtido foi $3866 \pm 1,062$ g. Os resultados obtidos nas determinações das massas dos blocos de concreto apresentaram um comportamento homogêneo, com baixo coeficiente de variação (2,2%). Entretanto, nos exames no rachão, observaram-se valores muito maiores, com 27,5% de coeficiente de variação, confirmando a heterogeneidade deste material.

A figura 3 apresenta os dados obtidos a partir do ensaio de porosidade. O objetivo deste ensaio foi avaliar a microestrutura dos blocos de concreto e rachão a fim de observar a formação e o desenvolvimento do biofilme em suas superfícies.

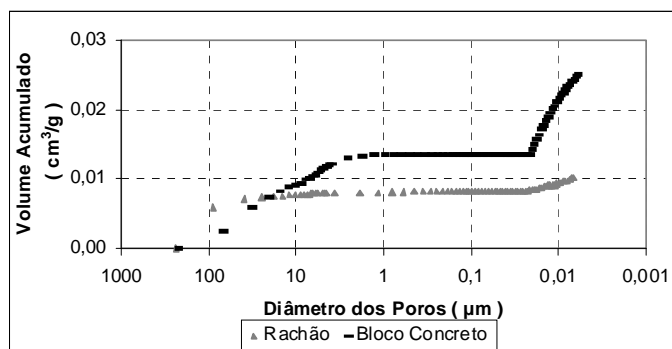


Figura 3: Resultados de porosidade.

Estando o volume de mercúrio intrudido diretamente relacionado à porosidade, pelo gráfico da figura 3 confere-se a maior porosidade dos blocos de concreto em relação ao rachão. Esta característica será discutida conjuntamente com os resultados do ensaio de biofilme, quando se espera comprovar que a maior porosidade facilita a formação do biofilme. Picanço et al. (2001), concluíram que tanto a porosidade quanto à espessura do biofilme influenciaram na eficiência de remoção de matéria orgânica. Além disso, esses mesmos autores comentam que durante a formação do biofilme nos meios suportes é importante a presença e o tamanho médio de seus micros e macros poros, onde a biomassa adere. A presença de poros e reentrâncias na superfície do material suporte proporciona um ambiente menos turbulento para os microrganismos, favorecendo assim a formação inicial do biofilme. Segundo Ince et al. (1999), filtros anaeróbios com suportes de alta porosidade e superfície específica apresentam melhores rendimentos do que os reatores com suporte convencional, tanto na partida quanto no equilíbrio do sistema.

O índice de vazios obtido nos filtros com rachão e blocos de concreto foi de 46,6 % e 49,1%, respectivamente. A partir desses resultados observa-se que os filtros com rachão poderão conter um volume maior de lixiviado, mesmo que este material não tenha apresentado uma forma definida, mas observou-se que as pedras “se encaixam mais facilmente”, contrastando com os blocos de concreto que possuem uma tendência a colocar-se de forma menos aleatória.

O volume útil de lixiviado para os filtros preenchidos com rachão foi de 233L e de 246L para os filtros com bloco de concreto.

FORMAÇÃO DO BIOFILME

O desenvolvimento do biofilme está diretamente relacionado ao tipo de suporte empregado, indicando que as interações dos microrganismos pelo suporte ocorrem por diferentes mecanismos, dependendo de como o suporte se apresenta no sistema.

Ensaio EB1

Nesse ensaio, as amostras de biofilme coletadas nos blocos em 90 dias apresentaram 5500 a 12600 mg/L de sólidos totais, sendo 40,4% desses valores correspondendo a sólidos voláteis. Para o caso dos rachões, na mesma data de amostragem (90 dias) os valores foram de 2500 a 6000 mg/L de ST, confirmando o crescimento inicial maior do biofilme nos blocos de concreto, meio suporte com maior porosidade conforme já apresentado na figura 3.

Para Hirasawa al. (2003), a porosidade do material é uma propriedade importante na adesão microbiana. Essa variação de massa (g) do crescimento do biofilme está relacionada à natureza do material suporte. Por isso, quanto maior a porosidade ou rugosidade de sua superfície, melhor se desenvolverá o biofilme, influenciando diretamente na retenção celular na superfície (ALVES et al., 1999). A figura 3a apresenta a evolução da formação do biofilme e o acompanhamento da DQO no Ensaio EB1. O biofilme medido nas amostras foi extrapolado para as condições dos filtros anaeróbios em estudo. Esse valor estimado está representado na



Figura 3a. Já a figura 3b apresenta os resultados da contagem microbiana realizada nas amostras do biofilme ao longo dos 120 dias de monitoramento. Os resultados já estão corrigidos para massa seca de biofilme.

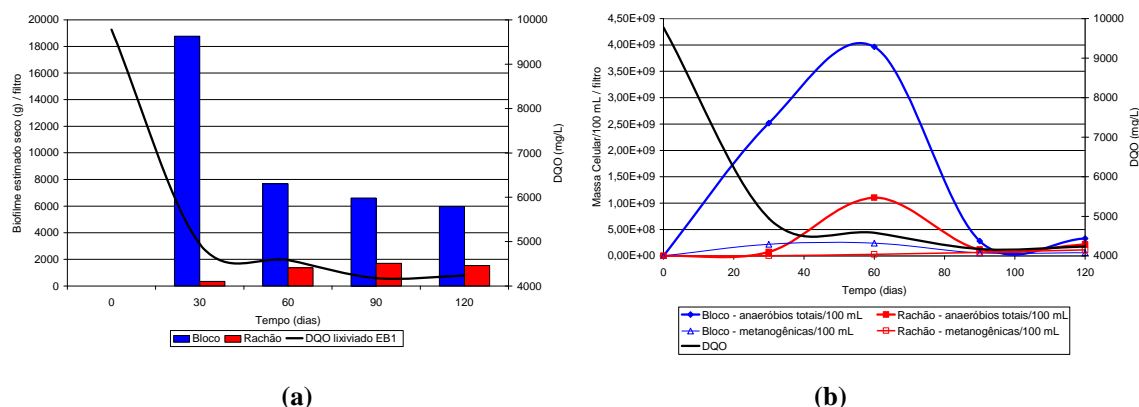


Figura 3: Monitoramento da geração de biofilme obtida no EB1 para os filtros estudados.

Na figura 3b, durante o período de 30 a 60 dias de monitoramento, houve um aumento no número de microrganismos anaeróbios totais no ensaio 1. Já nas próximas amostragens percebeu-se um decréscimo no número de anaeróbios. Sabe-se que o lixiviado é muito variável e heterogêneo. Todo o material particulado, além das espécies e dos componentes orgânicos formam o biofilme. O decréscimo observado a partir dos 60 dias provavelmente devem-se a reações e/ou fenômenos biológicos que ocorrem entre microrganismos e o meio. Conforme Rabah & Dahab (2004) estudando reatores de leito fluidizado de alta performance utilizando esgoto, observaram que ao longo do tempo dentro de um filtro anaeróbio, ocorrem mudanças quanto à flora microbiana, principalmente devido à competição de substrato e espaço. Esses mesmos autores relatam que grande concentração de microrganismos era observada no início dos experimentos sendo que a mesma diminuía gradualmente. Isto era atribuído ao crescimento constante do biofilme e podendo variar de acordo com o índice de vazios dentro do reator. Percebe-se um baixo grau de difusibilidade nas zonas inferiores do filtro anaeróbio em virtude do acúmulo de sólidos nesta região. Normalmente nesta região existem biopartículas mais densas, que formam um biofilme mais espesso.

Sendo assim, os morfotipos microbianos predominantes podem variar em cada período de amostragem por causa da variação e da quantidade dos substratos que estão no meio. Nota-se que nas figuras 4 e 5 no ensaio 1 (EB1), uma predominância de bacilos curtos, cocos, e bacilos longos, além de archeas metanogênicas.



Figura 4: Archeae metanogênicas (cocos, bacilos e sarcinas) encontradas no monitoramento de Contraste de fase.



Figura 5: Mesmo campo visual da Figura 4 agora em Fluorescência.

A partir dos resultados alcançados no ensaio do biofilme verificou-se a presença predominantemente de bacilos, cocos, sarcinas filamentos e espirilos, morfologias também verificadas em Carneiro (2005).

Ensaio EB2

Esse ensaio foi realizado com lixiviado diferente do anterior. Enquanto no EB1 o lixiviado usado possuía 9800 mg/L de DQO, no Ensaio EB2 esse valor foi de 3900 mg/L. O EB1 apresentou DQO, concentração de

massa e uma diversidade superior ao do EB2, provavelmente devido a concentração diversa de matéria orgânica aplicada em cada ensaio. A figura 6 apresenta o perfil de biofilme gerado no EB2.

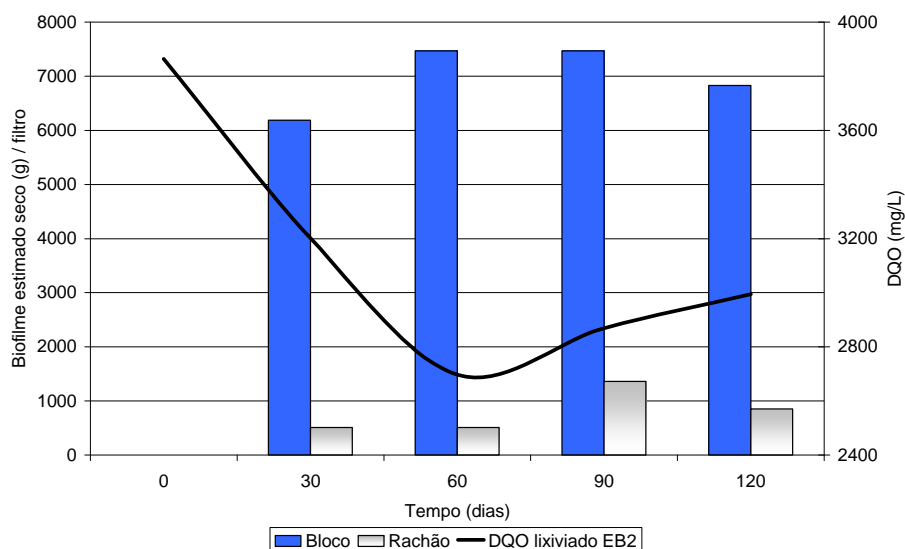


Figura 6: Perfil da geração de biofilme obtida no EB2 para os filtros estudados.

Na figura 6, observa-se um decaimento mais lento, mas uniforme, observando-se no período uma redução de 25% em termos de DQO no lixiviado, situação diferente da apresentada em EB1 (60% de redução de DQO). Isso pode ser atribuído a diferente concentração inicial de lixiviado usado nos ensaios.

A relação DBO/DQO determinada para os lixiviados empregados nos ensaios EB1 e EB2 foi de 0,5 e 0,3, respectivamente. Observa-se desta forma que efetivamente os ensaios foram realizados com lixiviados classificados como “novo e instável” e “moderadamente estável”, segundo Swana (1997) apud El Fadel et al. (2002).

Quando a DQO é baixa, geralmente é mais lento o processo de redução de matéria orgânica nos filtros anaeróbios, já que o material presente, embora orgânico, deva ser de difícil degradabilidade. Amaral (2008) constatou em lixiviado de células de aterros antigos (20 a 10 anos de aterramento) uma predominância de matéria orgânica de baixo peso molecular (proteínas em sua grande maioria), contudo justificou sua presença pela toxicidade do meio a qual impediu a pronta degradação do material orgânico.

Produção Específica de Biofilme

O meio suporte bloco de concreto apresenta maior biofilme formado em relação ao rachão em ambos os ensaios (EB1 e EB2).

O comportamento do processo biológico pode ser também avaliado através da produção específica de biofilme (Y), determinada pela quantidade de proteínas no lixiviado (material em suspensão) e pela DQO consumida, calculado de acordo com a Equação 1.

No ensaio EB1 a produção específica de biofilme determinada em 120 dias foi de 0,61 mgSAB/mg DQO consumida, enquanto que para o EB2 o resultado foi de 0,81 mgSAB/mg DQO consumida. Embora o lixiviado tratado no ensaio EB1 tenha partido de concentração de DQO de 9800 mg/L e no EB2 de 3900 mg/L, em termos de produção específica de biofilme os resultados não confirmam essa diferença das faixas de concentração, provavelmente porque não é toda a DQO que está disponível para geração de biofilme, situação similar já relatada por Amaral (2007) e citada anteriormente.

Os resultados de Y podem ser influenciados pela porosidade do material que foi utilizado como meio suporte. Martins (2003) constatou que a produção específica média de lodo (Y) medida em sistemas que empregaram PVC e PET como meio suporte variou entre 0,2 e 0,69 mg de proteínas suspensas no material /mg DQO consumida para 111 dias de monitoramento. Hein de Campos (2001), estudando a utilização de reator de leito



fluidizado trifásico aeróbio em sistema de tratamento combinado de águas residuárias, observou a produção de lodo elevada, onde pode estar atribuído ao maior despreendimento de biofilme e, conseqüentemente provocando uma menor eficiência em termos de remoção de DQO. Esse autor em seu trabalho obteve 0,19 mg de proteínas suspensas no material /mg DQO consumida.

Desempenho dos dois tipos de meio suporte (rachão e blocos de concreto) empregados nos filtros anaeróbios

Durante o processo de tratamento do lixiviado, a eficiência total, durante o período de 0 a 237 dias, foi de 63%, 61%, 52% e 60% para os filtros R1, R2, B1 e B2. De certa forma os resultados foram similares, porém o filtro anaeróbio com meio suporte rachão, mais especificamente, R1, apresentou melhores resultados em relação aos demais filtros para esse período de pesquisa. No período de 0 a 237 dias de operação com fluxo ascendente a eficiência média para os filtros com meio suporte rachão e bloco de concreto foi de 62% e 56%.

A figura 7 apresenta o comportamento da média dos valores obtidos para os filtros com rachão e com blocos. No mesmo gráfico incluiu-se a DQO de entrada, medida no TE (tanque de equalização), para posterior avaliação de desempenho.

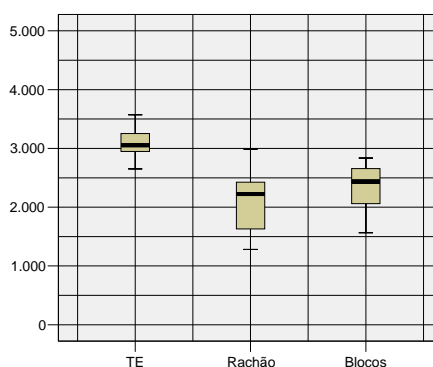


Figura 7: Faixas de DQO (mg/L) obtidas na entrada do sistema de tratamento (TE) e saídas (médias nos filtros com rachão e com blocos), para 237 dias iniciais de monitoramento.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Observou-se que ambos os ensaios apresentaram resultados parecidos mesmo utilizando lixiviado diferente. Filtros com blocos de concreto como meio suporte demonstraram maior formação de biofilme, proteínas e contagem microbiana. Esse fato pode ser atribuído à porosidade do meio suporte. Entretanto, um biofilme maior, não necessariamente colaborou para uma melhor eficiência, já que os filtros utilizando meio suporte rachão apresentaram remoções de material orgânico em valores mais elevados.

A contagem de anaeróbios foi maior para os filtros com blocos no período inicial em relação aos filtros recheados por rachão. Posteriormente ao longo do monitoramento, observou-se um equilíbrio na contagem dos anaeróbios totais e archeas metanogênicas em ambos os filtros, colaborando para o resultado de que a porosidade do meio suporte é fundamental na partida dos sistemas, mas sendo formado o biofilme, o processo de biodegradação passa a ocorrer normalmente.

A qualidade do lixiviado inicial parece ser juntamente com a porosidade o parâmetro fundamental para as partidas de filtros anaeróbios.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9778/2005: Determinação da absorção de água, Índice de vazios e Massa específica. Rio de Janeiro, 2005.
2. ALVES, M. M.; MOTA, M.; NOVAIS, J. M. A new device to select microcarriers for biomass immobilization: application to an anaerobic consortium. *Water Environment Research*. 71 (2), 209-217. 1995.
3. AMARAL, M. C. S. Caracterização de Lixiviados Empregando Parâmetros Coletivos e Identificação de Compostos. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (EE/UFMG), Belo Horizonte, 2007. 270p.
3. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION (Ed.). Standard methods for examination of water and wastewater. 19. ed. Washington: Apha, 1995.
4. CAMARGO, S. A. R. Filtro anaeróbio com enchimento de bambu para tratamento de esgotos sanitários. Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), 2000.
5. CARNEIRO, P.H. Efeito da adição de lodo ao inóculo de reator anaeróbio híbrido sólido-líquido tratando fração orgânica de resíduos sólidos urbanos. 2005. 115 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. [2005].
6. HEIN DE CAMPOS, R. Utilização de Reator de Leito Fluidizado Trifásico Aeróbio em Sistema de Tratamento Combinado de Águas Residuárias. Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis –SC, 113 p.; 2001.
7. HIRASAWA, J. S.; SILVA, A. J.; ZAIAT, M.; FORESTI, E.; VARESCHE, M. B. A. Avaliação da Comunidade Microbiana Anaeróbia usando a Hibridação *in situ* Fluorescente em Reator Sulfetogênico operado com Diferentes Materiais Suportes. XIV SINAFERM 2003, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2003.
8. INCE, O.; INCE, B. K.; DONNELLY, T. Attachment, strength and performance of a porous media in the upflow anaerobic filter treating dairy wastewater. *In: International Symposium of Biofilms on IAWQ*. New York. 1999.
9. EL-FADEL, M.; BOU-ZEID, E.; CHAHINE, W.; ALAYLI, B. Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. *Waste Management*, v. 22, p.269-282, 2002.
10. GOMES, L. P.; CAETANO, M. O.; QUADROS, A. V. de ; DUTRA, C. C.; COMASSETTO, F.; STODUTO, L.; OLIVEIRA, F. de . Trincheiras em série para disposição final de resíduos sólidos urbanos. In: Armando Borges de Castilhos Júnior; Lisete Celina Lange; Luciana Paulo Gomes; Neide Pessin. (Org.). Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades. 1 ed. São Carlos - SP: Rima Artes e Textos, 2002, v. 1, p. 19-27.
11. KAZMIERCZAK, C. S.; BREZEZINSKI, D. E.; COLLATTO, D. Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa. *Estudos Tecnológicos*. Vol 3, n. 1:47-58, (Jan/Jun 2007) ISSN 1808-7310.
12. LOWRY, O. H.; ROSENBROUGH, N. J., LEWIS FARR, A. e RANDALL, R. J. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193: p. 265-275, 1951.
13. MARTINS, C. L. Comportamento de Reator de Leito Fluidizado Trifásico Aeróbio Utilizando Diferentes Materiais Suporte. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2003.
14. PICANÇO, A. P.; SASSIM, M. N. M.; ZAIAT, M.; BLUNDI, C. E. Avaliação da atividade biológica do biofilme formado em materiais suportes de filtros anaeróbios de fluxo ascendente. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa, 7p. 2001.
15. RABAH, F. K. J; DAHAB, M. F. Biofilm and biomass characteristics in high-performance fluidized-bed biofilm reactors, *Water Research* 38 4262–4270, 2004.
16. SL AMBIENTAL. Caracterização do lixiviado - Relatório de atividades. São Leopoldo (RS), 2008.